



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

CFK-Fügeproben unter statischer und schwellender Belastung

Dr. techn. Martin Ruff

Dr.-Ing. Alexandra Schumann

Meitingen, den 25.10.2013



Wissen für Morgen

DLR – Im Überblick

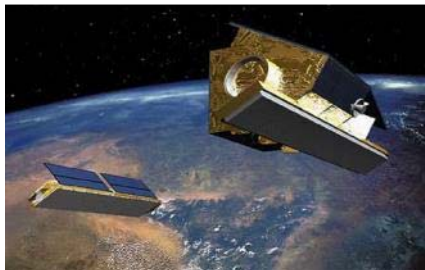
- nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt
- Größte europäische Forschungseinrichtung für Luft-Raumfahrt
- Raumfahrt-Agentur
- National größter Projektträger

ca. 7.700 Mitarbeiter arbeiten in 33 Forschungsinstituten und Einrichtungen an 16 Standorten.

Außenbüros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.



RAUMFAHRT



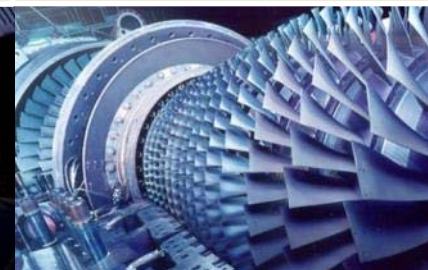
LUFTFAHRT



VERKEHR



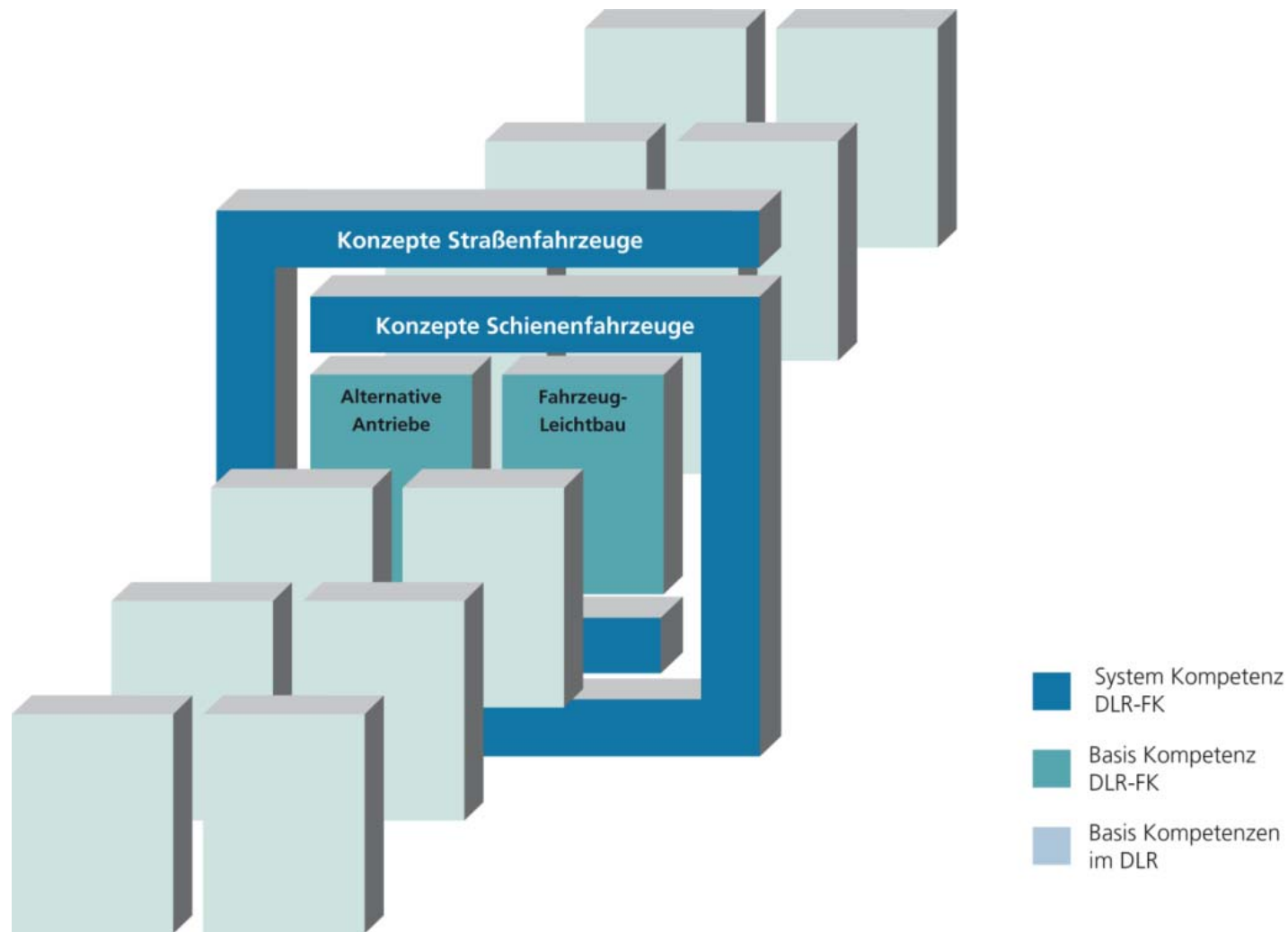
ENERGIE



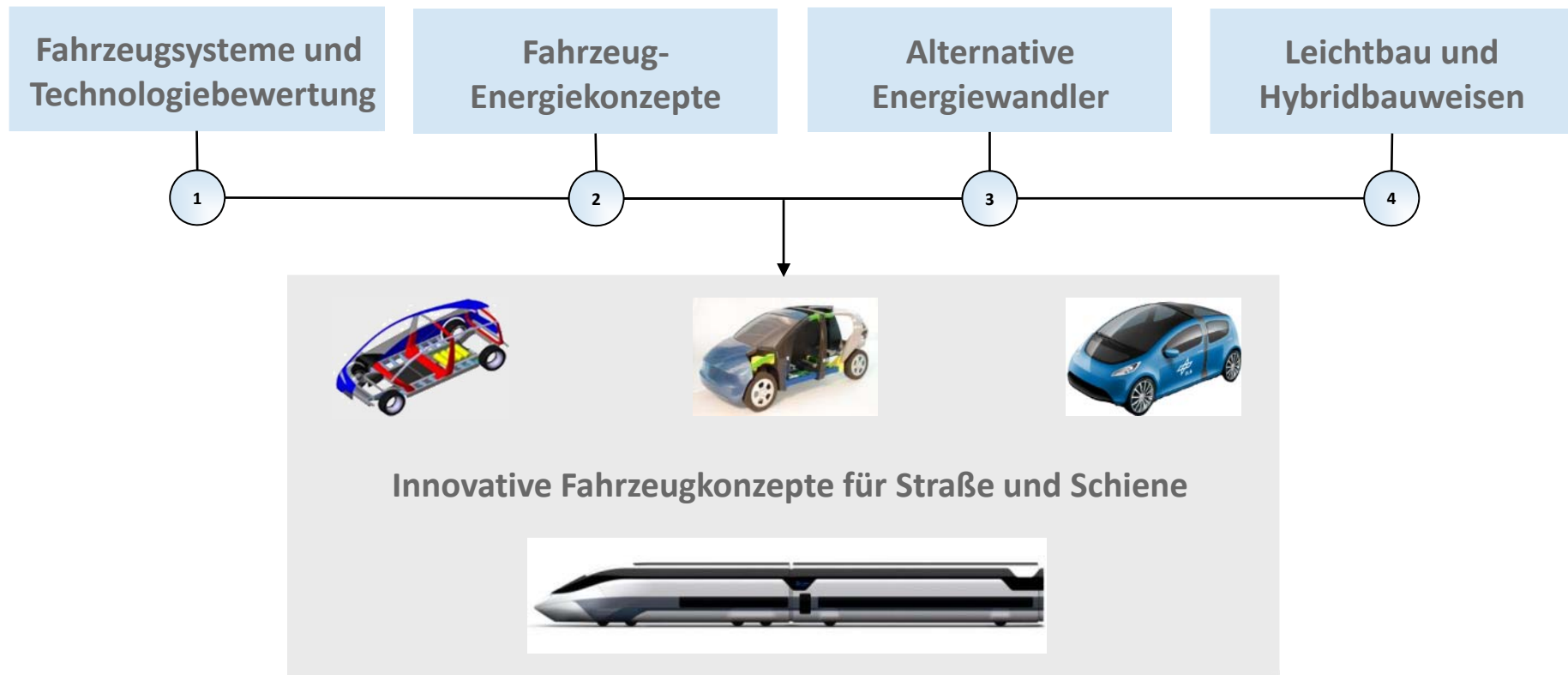
SICHERHEIT



Systemfähigkeit durch Synthese von Einzelkomponenten



Die Abteilungen (Forschungsfelder) des Instituts für Fahrzeugkonzepte (FK) Prof. Dr. H.E. Friedrich



FK **gestaltet** und **demonstriert** Innovationen für Fahrzeugkonzepte und Technologien zukünftiger anforderungsgerechter Transportsysteme



Die Abteilungen (Forschungsfelder) des Instituts für Fahrzeugkonzepte (FK) Prof. Dr. H.E. Friedrich

Fahrzeugsysteme und
Technologiebewertung

Fahrzeug-
Energiekonzepte

Alternative
Energiewandler

Leichtbau und
Hybridbauweisen

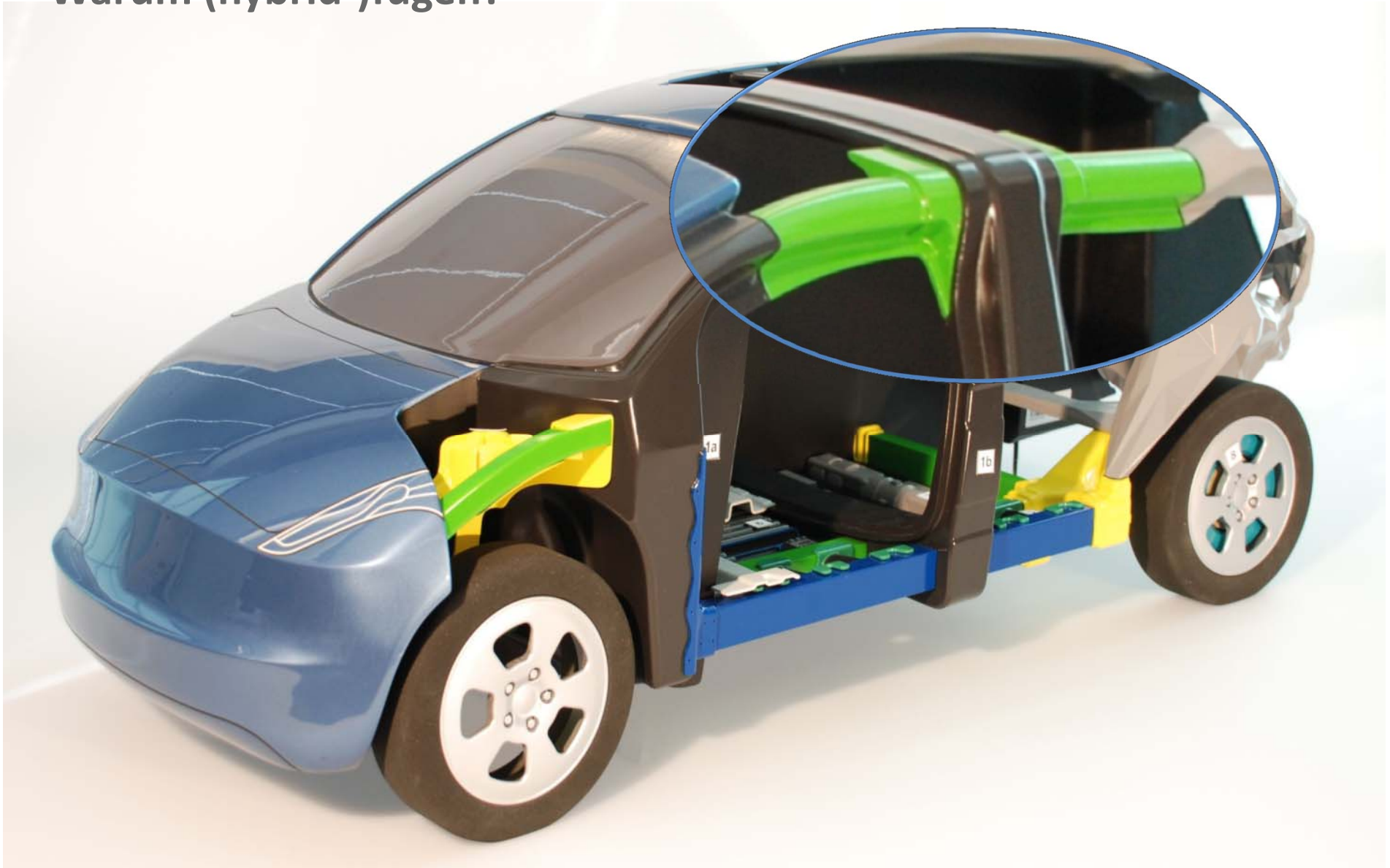
Kompetenzen LHB

- Werkstoff- und Leichtbauweisen
- Leichtbaufahrzeugkonzepte für Straße und Schiene
- Konzeption, Konstruktion, Simulation und Validierung von Fahrzeugstrukturen
- Fügetechnologien für Multi-Material-Strukturen
- Prüfstände für statische und dynamische (Crash) Lasten

FK **gestaltet** und **demonstriert** Innovationen für Fahrzeugkonzepte und Technologien zukünftiger anforderungsgerechter Transportsysteme



Warum (hybrid-)fügen?



Verbindungstechnik - kalte Fügeverfahren

- Portfolio von kalten Fügeverfahren aus Automobilbranche, nahezu gesamte typische Bandbreite
 - ✓ Direktverschraubung (FDS)
 - ✓ Halbhohlstanznieten, Stanznieten
 - ✓ Bolzenschießen (*Rivtac*)
 - ✓ Clinchen, Clinchnieten (*TOX*)
- Kleben
- Vorbehandlung zur Aktivierung / Passivierung von Oberflächen
- Klimatisierung
- Untersuchung mittels Schliffbilder, Mikroskopie
- Korrosionsprüfung nach „VDA-Neu“ (Salzsprühtest)



Prüfausstattung

- Quasi-statische Prüfung bis 250 kN
 - Normierte Zug-, Schub- und Druckversuche
 - Individuelle Bauteilkomponenten
- Mechanisch-hydraulisches Prüffeld
 - Bauteil und Baugruppen 25-250 kN
Bsp. Türeindrückversuch
- Dynamische Untersuchung,
Anregung bei Resonanzfrequenz im
Hochfrequenzpulsator (30 kN)
 - Bestimmung der Betriebsfestigkeit im
Dauerschwingversuch (Wöhlerkurven)
- Crasheschlittenanlage für dynamische
Komponentenprüfung, bis 64 km/h



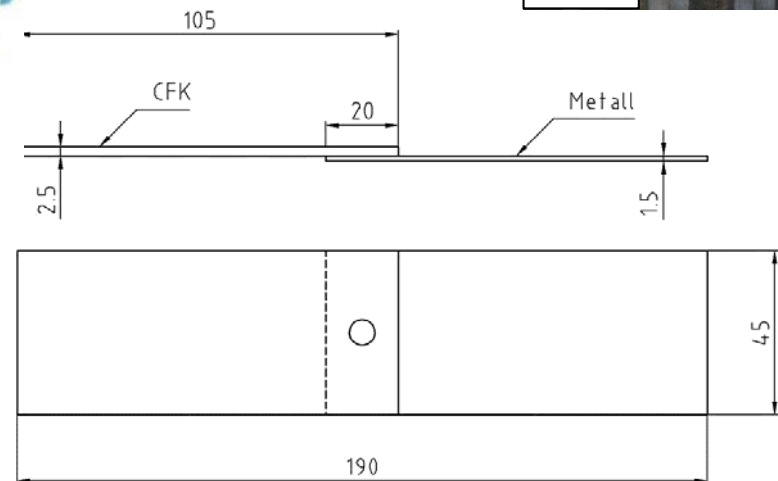
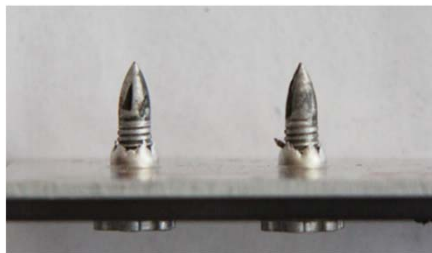
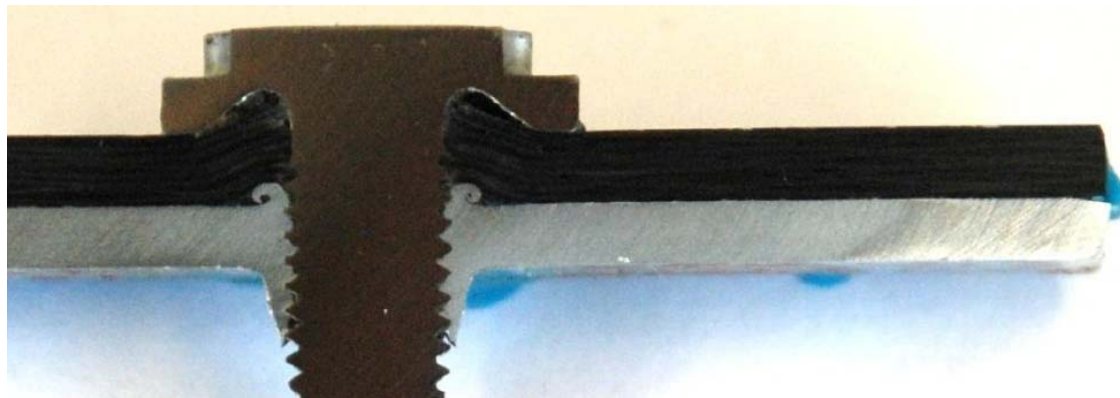
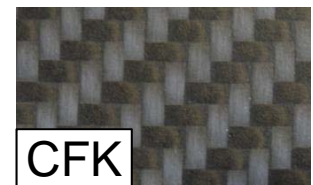
Zwick Hochfrequenzpulsator



Untersuchungen – Verbindungs-/Materialauswahl und Probengeometrie

- **Hybridfügen** aus **Direktverschraubung (FDS)** und **Klebung**
- Materialpaarungen **CFK/Alu** und **CFK/Stahl**

UD Prepreg 0°/90° Gewebedecklagen mit 2K-EP

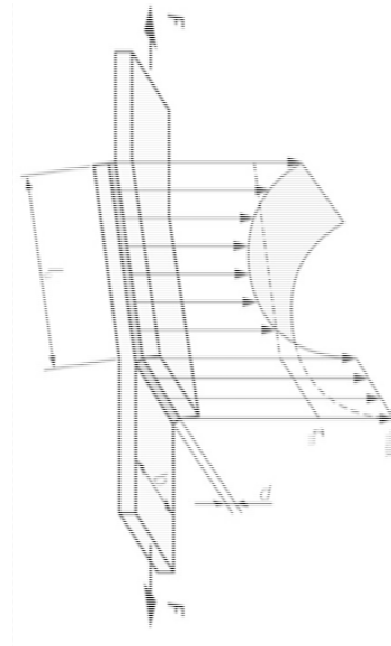


gemäß: DVS/EFB 3480-1



Untersuchungen – statische und dynamische Belastungsprüfung

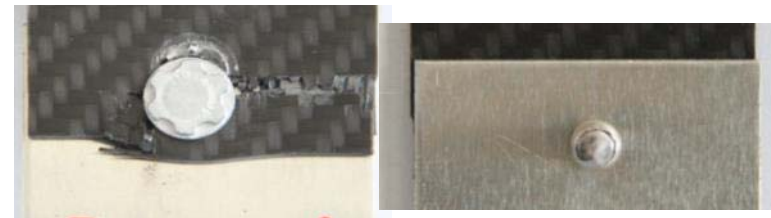
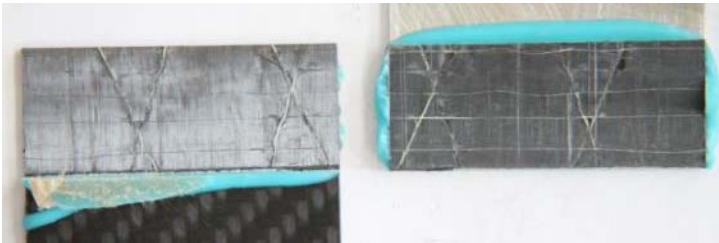
- **Statisch:** Zugscherversuche
- **Dynamisch:** Dauerschwingversuche mit Hochfrequenzpulsator
 - Zugschwellbereich
 - Spannungsverhältnis $R = 0,1$
 - Prüffrequenz ca. 50 Hz



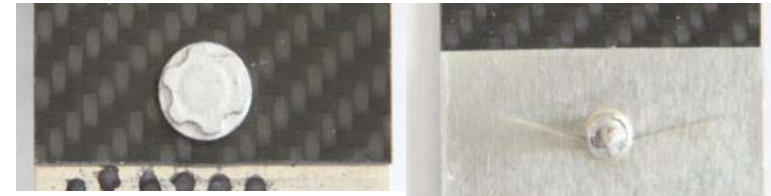
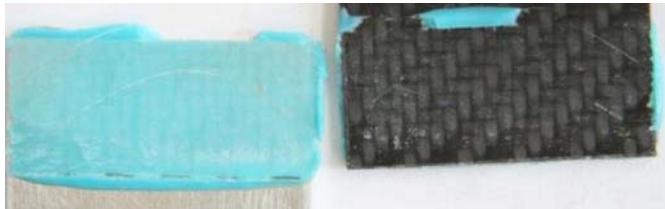
Ergebnisse – Bruchbilder

Klebung und Verschraubung

statisch



dynamisch



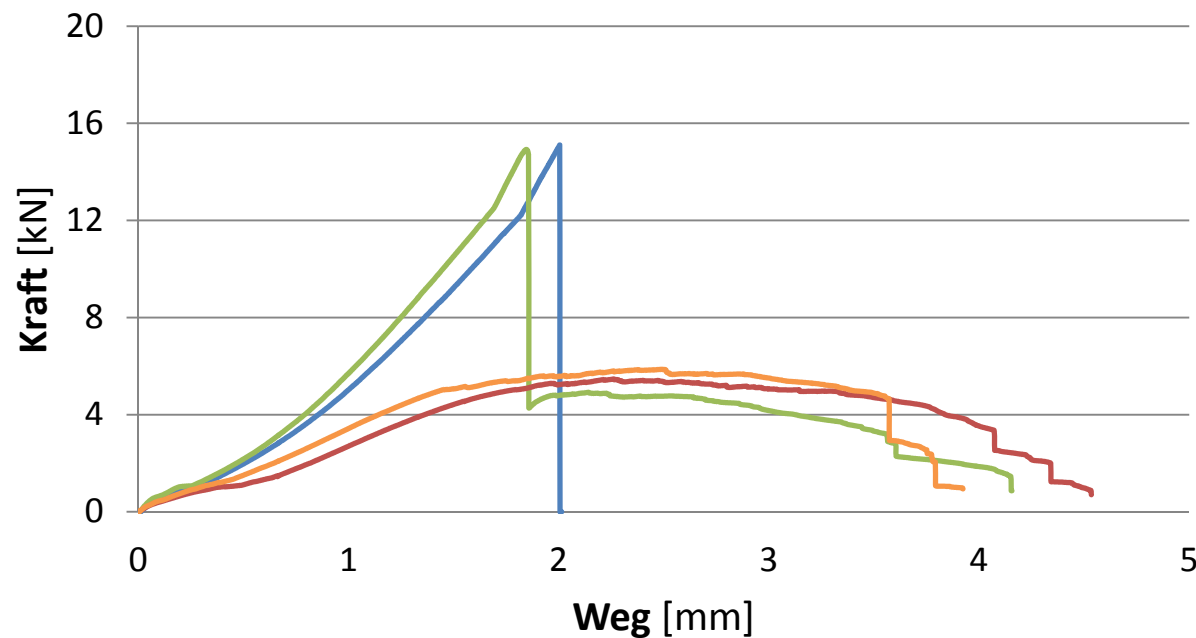
Klebung

Verschraubung



Ergebnisse – quasi-statische Zugversuche

Kraft/Weg



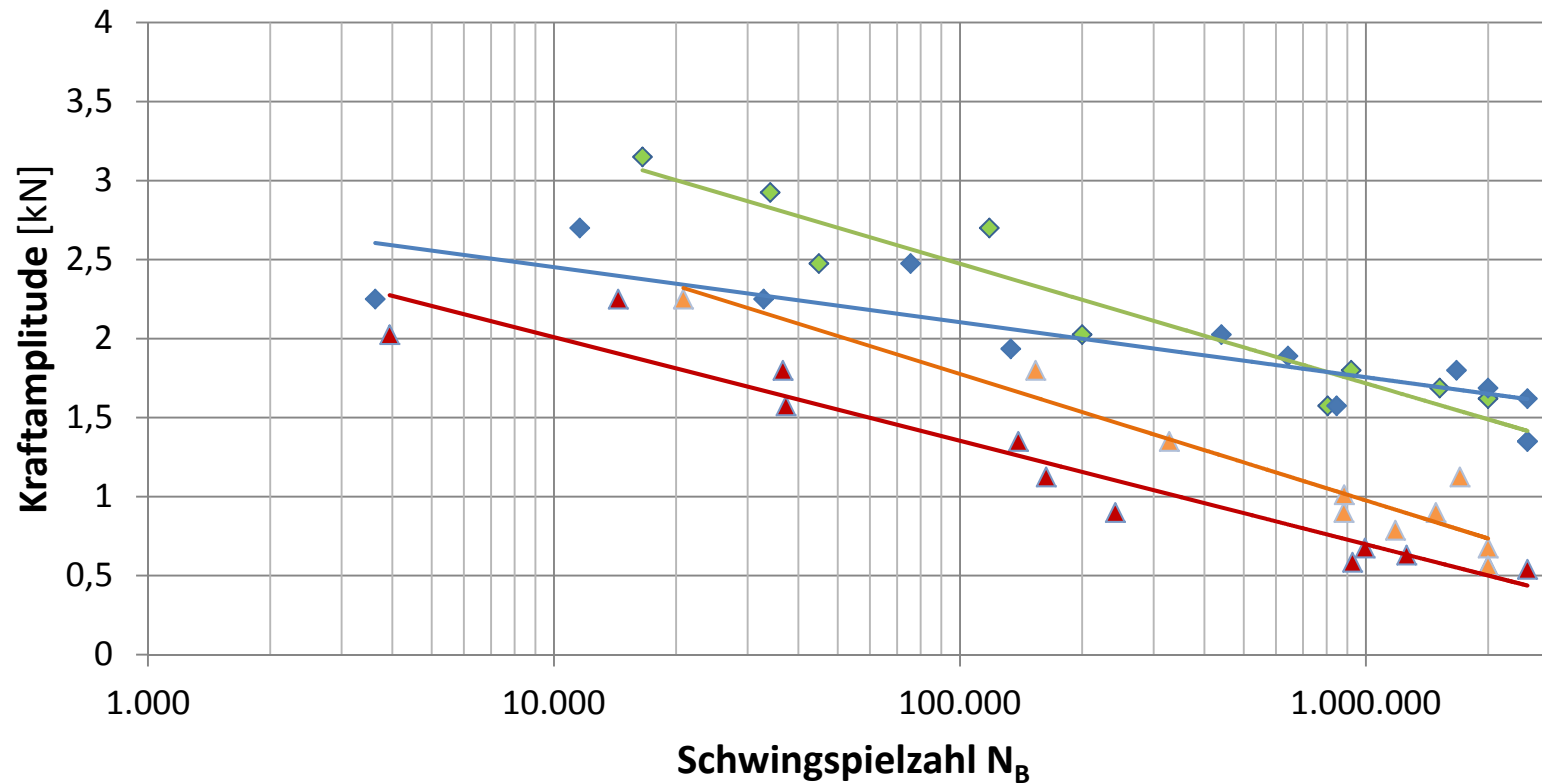
- **Hybride Verbindung**
= effiziente Kombination
- Hohe Festigkeit der Klebung
- Gutmütiges Versagen der Verschraubung
- Alu und Stahl in Kombination mit CFK ähnliches Kraftniveau

— Kleben CFK/Alu — Hybridfügen CFK/Alu
— Direktverschrauben CFK/Alu — Direktverschrauben CFK/Stahl



Ergebnisse – dynamische Versuche

Kraftamplitude/Schwingspiel



◆ Hybridfugen CFK/Alu

▲ Direktverschrauben CFK/Alu

◆ Kleben CFK/Alu

▲ Direktverschrauben CFK/Stahl



Fazit

Klebung

- Hohe absolute Kräfte, statisch und dynamisch
- Schlagartiges Versagen
- Vorbehandlung Oberfläche nötig
- Alterungseffekte noch zu untersuchen
- Notwendigkeit der Lösbarkeit der Verbindung muss abgewogen werden

mechanische Fügeelemente

- Niedriges Kraftniveau
- Lösbare Verbindung
- gut automatisierbar
- Korrosion muss separat betrachtet werden
- Kombination mit Klebung möglich, Prozessabläufe Aushärtung vs. Verschmutzung der Apparaturen

Hybride Verbindung

- Vorteile der Bruchlasten können sich ergänzen, sowohl statisch als auch dynamisch
- Aus wirtschaftlichen oder wartungstechnischen Gründen ist der Gewinn dieser Summierung nicht immer sinnvoll, und bleibt daher zu überdenken



Ausblick

Technologieentwicklung durch Forschungsprojekt

„Optimierung der Krafteinleitung in schwingbelastete Faserverbundstrukturen“

→ Projektskizze der Landesausschreibung BW



Vielen **Dank** für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Alexandra Schumann

DI Elmar Beeh

Carmen Scholz, M.Sc.

Julia Mollenhauer

Uwe Elsasser, B.Sc.

Michael Schänzel, B.Sc.



martin.ruff@dlr.de





FK – Ideen, die bewegen!

